

# Autómatas Celulares

Maria Camila Arcos Loaiza  
201958502- 3743  
Tuluá- Valle  
[maria.arcos@correounivalle.edu.co](mailto:maria.arcos@correounivalle.edu.co)

Edinson Elvira Giraldo  
201866247-3743  
Tuluá -Valle  
[edinson.elvira@correounivalle.edu.co](mailto:edinson.elvira@correounivalle.edu.co)

Aldemar Vivas Amarillo  
201968062-3743  
Tuluá - Valle  
[aldemar.vivas.amarillo@correounivalle.edu.co](mailto:aldemar.vivas.amarillo@correounivalle.edu.co)

**Abstract—** The NetLogo[1] model simulates urban neighborhoods with varying income levels and service access. Each area has attributes such as income level, age, education level, and service accessibility. The code initializes these attributes and assigns colors based on income level. Several transition rules adjust incomes based on factors like neighbors' income, service presence, and subsidies. The simulation allows analysis of how infrastructure and policies impact income distribution within a community.

## Resumen

En el siguiente informe se muestran las diferentes características y funcionalidades de un modelo de autómatas celulares representado en NetLogo que simula la economía de una ciudad donde se establecen los barrios con diferentes niveles de ingreso y acceso a servicios. Cada área tiene atributos como nivel de ingreso, edad, nivel educativo y/o accesibilidad a servicios. El proyecto inicializa estos atributos y asigna colores según el nivel de ingreso. Varias reglas de transición ajustan los ingresos basándose en factores como el ingreso de los vecinos, la presencia de servicios, y subsidios. La simulación[2] permite analizar cómo la infraestructura y políticas afectan la distribución del ingreso en una comunidad.

## 1. Introducción

En el mundo actual, las ciudades enfrentan desafíos complejos relacionados con la desigualdad económica, el acceso desigual a servicios básicos y la planificación urbana. La simulación de autómatas celulares[3] en NetLogo presentada es una herramienta valiosa para entender estos problemas ya que aborda el análisis y funcionamiento de un modelo de simulación diseñado para investigar la dinámica socioeconómica dentro de una comunidad dividida en barrios. El proyecto simula cómo diversos factores, como la presencia de hospitales, centros comerciales, zonas de agua no potable y programas de subsidios, afectan los niveles de ingreso de los residentes en diferentes vecindarios. Además, explora cómo la edad y el nivel educativo de los habitantes influyen en la distribución del ingreso. Este modelo ofrece una herramienta valiosa para entender cómo la infraestructura y las políticas pueden impactar en la equidad económica y social de una comunidad con base al principio de que al espacio urbano lo limitan superficies que presentan información precisa al individuo y a los grupos sociales [4].

## 2. Problema: Autómatas celulares

Para realizar este modelo, tendremos en cuenta los siguientes datos con los cuales se planteará nuestra implementación:

- **Distribución Geográfica de ingresos:**
  - Barrios: neighborhood
- **Datos Demográficos:**
  - Edad (aleatorio entre 0 y 99)
  - Nivel educativo (aleatorio entre 0 y 5)
  - Accesibilidad a servicios ( aleatorio entre 0.0 y 1.0)
- **Servicios y Facilidades:**
  - **Centros comerciales(Verde):** Se puede seleccionar la cantidad entre 0 y 50(de 5 en 5) pero su posición es aleatoria.
  - **Hospitales(Rojo):** Se puede seleccionar la cantidad entre 2 y 10 pero su posición es aleatoria.
  - **Ollas(Negro):** Se puede seleccionar la cantidad entre 0 y 50(de 5 en 5) pero su posición es aleatoria.
  - **Zonas de agua no potable(Rosado):** Se puede seleccionar la cantidad entre 0 y 35 pero su posición es aleatoria.
- **Estados:**
  - $< 0.34$  pobre (Gris)
  - $> = 0.34 < 0.67$  medio (Azul)
  - $> = 0.67$  rico (Amarillo)
- **Reglas de transición:**
  1. **Media ponderada:** Ajusta el nivel de ingreso según el promedio de vecinos
  2. **Máximo vecinos:** Ajusta el nivel de ingresos hacia el máximo del vecino
  3. **Mínimo vecinos:** Ajusta el nivel de ingresos hacia el mínimo del vecino
  4. **Clase media:** Ajusta el nivel de ingresos hacia nivel medio si hay centro comercial cerca

5. **Hospital y centro comercial juntos:** Ajusta el nivel máximo si hay presencia de hospital y centro comercial entre los vecinos
6. **Edad y educación:** Ajusta el nivel de ingreso basado en la edad y educación (aleatorios)
7. **Subsidio:** Ajusta el nivel de ingreso basado en las condiciones de nivel bajo y acceso al servicio

### 3. Simulación y análisis

Luego de comprender en profundidad el problema y evaluar las opciones de solución planteada, se procede a realizar un análisis detallado de la implementación de dicha solución. Esta etapa implica examinar minuciosamente cómo se ha llevado a cabo la solución en términos prácticos, evaluando cada paso del proceso de implementación. Esto incluye revisar la configuración inicial de los parámetros, la aplicación de las reglas de transición, así como la interacción entre los diferentes componentes del modelo. Además, se considera la eficacia de la solución en alcanzar los objetivos planteados y su capacidad para adaptarse a diferentes escenarios y variaciones en los datos de entrada. Esta fase es crucial para identificar posibles mejoras y garantizar que la solución no solo sea teóricamente sólida, sino también efectiva y viable en la práctica.

#### Importancia del Proyecto:

1. **Modelado Socioeconómico:** Este modelo es crucial para simular cómo las interacciones locales afectan los niveles de ingreso en una comunidad. Esto es útil para entender la dinámica de segregación económica y el impacto de la infraestructura urbana en el bienestar económico.
2. **Políticas Públicas:** Puede usarse para evaluar políticas como subsidios económicos basados en condiciones específicas (como acceso a servicios). Esto ayuda a diseñar intervenciones más efectivas para reducir la desigualdad.
3. **Planificación Urbana:** La simulación permite visualizar cómo la distribución de servicios urbanos como hospitales y centros comerciales puede influir en el desarrollo socioeconómico de diferentes áreas dentro de una ciudad.

#### Aplicaciones en la Vida Real:

- **Gobierno Local:** Los municipios pueden utilizar este tipo de simulaciones para planificar la distribución de servicios públicos y evaluar la equidad económica en diferentes vecindarios.
- **Investigación Académica:** Investigadores pueden estudiar teorías sobre segregación económica, impacto de políticas sociales y dinámicas urbanas mediante la simulación de escenarios específicos.

- **Empresas de Consultoría:** Firmas de consultoría urbana pueden emplear este código para asesorar en proyectos de desarrollo urbano sostenible y políticas de vivienda.

#### Mejoras Potenciales:

- **Modelos de Agentes:** Implementar modelos de agentes para simular comportamientos individuales más realistas, como la movilidad residencial y las decisiones de consumo.
- **Datos Reales:** Integrar datos demográficos y económicos reales para calibrar el modelo y hacer predicciones más precisas sobre el impacto de las políticas.
- **Visualización Avanzada:** Mejorar la visualización para representar gráficamente la evolución temporal de los indicadores socioeconómicos y los cambios en la infraestructura urbana.

#### Implementación:

##### Ejecución:

La ejecución del proyecto se comienza setean las variables:

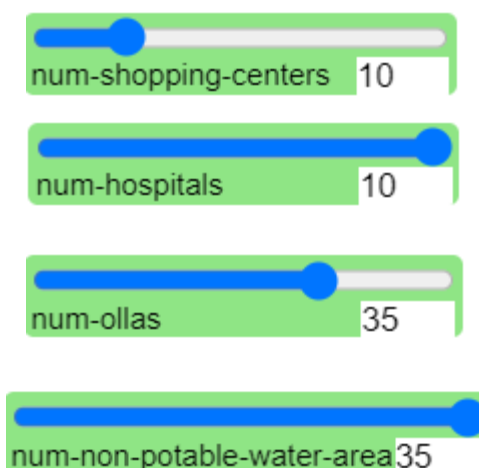


Fig. 1. Selectores de variables

Seguido de esto se setea el mapa de los barrio que se ven a manejar:

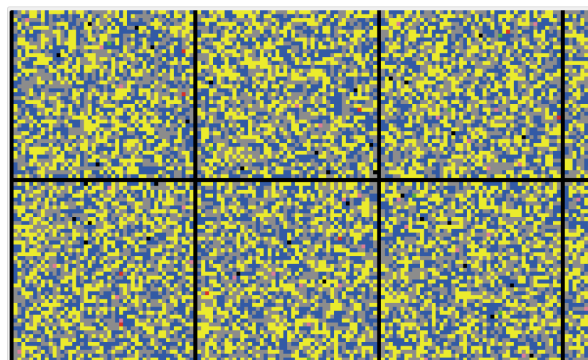


Fig. 2. gráfica de autómatas celulares

Se elige la regla de transición:

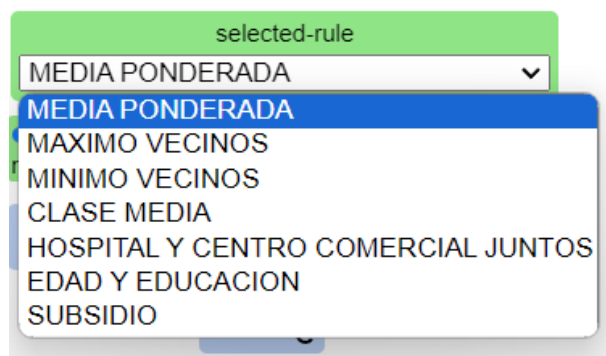


Fig. 3. Selector de reglas de transición

Se oprime el Botón Go, bien sea para una sola iteración o iteraciones seguidas;



Fig. 4. Selectores de go

#### Pruebas:

En esta sección se procede a mostrar los resultados de las iteraciones correspondientes a cada una de las reglas de transición

##### 1. Media ponderada:

Centros comerciales = 10  
Número de hospitales = 10  
Número de ollas = 35  
Número de zonas de agua no potable = 35

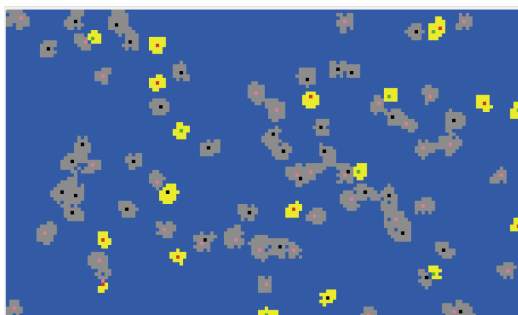


Fig. 5. Gráfica final

##### 2. Máximo vecinos:

Centros comerciales = 10

Número de hospitales = 10

Número de ollas = 35

Número de zonas de agua no potable = 35

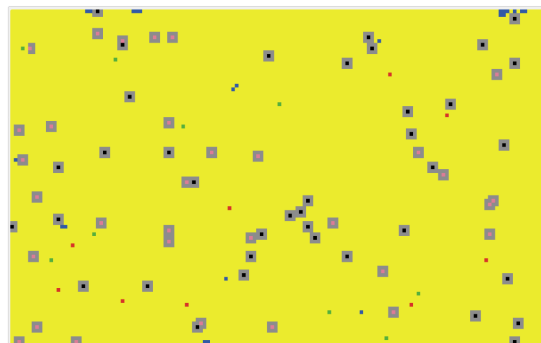


Fig. 6. Gráfica final

##### 3. Mínimo vecinos:

Centros comerciales = 10  
Número de hospitales = 10  
Número de ollas = 35  
Número de zonas de agua no potable = 35

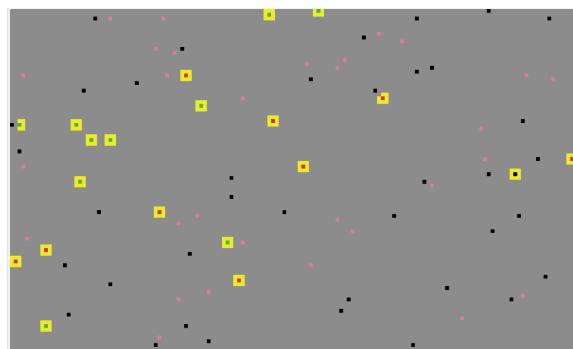


Fig. 7. Gráfica final

##### 4. Clase media:

Centros comerciales = 10  
Número de hospitales = 10  
Número de ollas = 35  
Número de zonas de agua no potable = 35

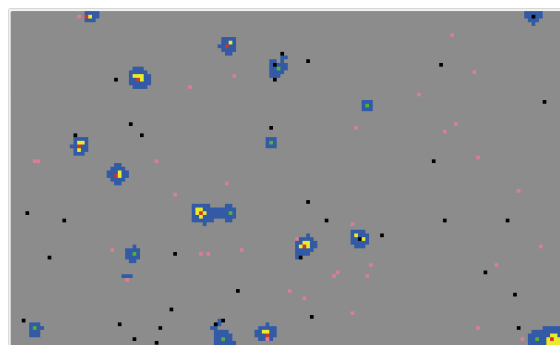


Fig. 8. Gráfica final

##### 5. Hospital y centro comercial juntos:

Centros comerciales = 10  
 Número de hospitales = 10  
 Número de ollas = 35  
 Número de zonas de agua no potable = 35

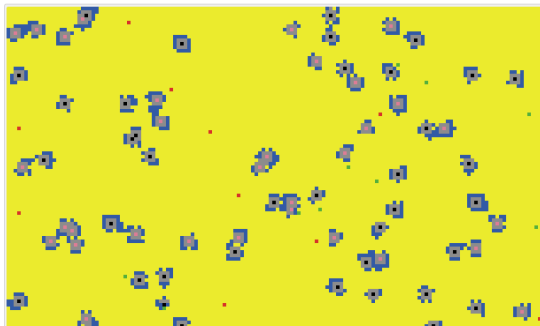


Fig. 9. Gráfica final

#### 6. Edad y educación:

Centros comerciales = 10  
 Número de hospitales = 10  
 Número de ollas = 35  
 Número de zonas de agua no potable = 35

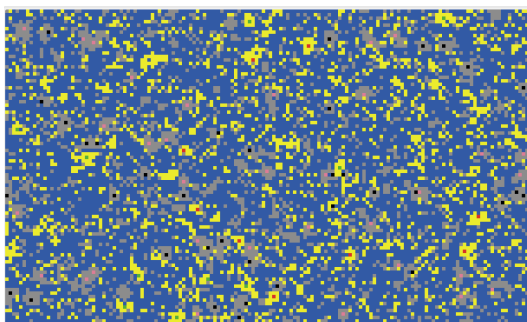


Fig. 10. Gráfica final

#### 7. Subsidio:

Centros comerciales = 10  
 Número de hospitales = 10  
 Número de ollas = 35  
 Número de zonas de agua no potable = 35

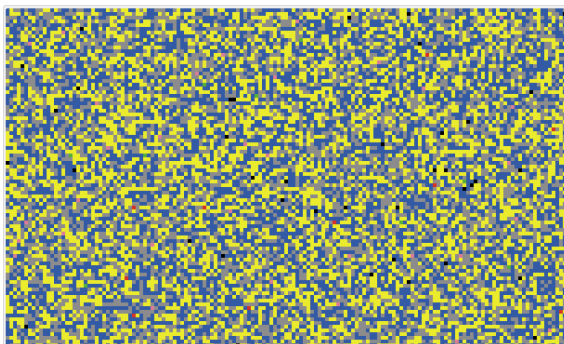


Fig. 11. Gráfica final

#### Análisis de resultados:

El análisis de resultados se realiza en base a las reglas de transición previamente mencionadas, por lo tanto se dividirán a continuación:

1. **Media ponderada:** En el caso de la media ponderada, podemos afirmar que tiene una gran similitud con el modelo de Schein, ya que el resultado final muestra un cambio significativo entre los ricos y los pobres. Esta dinámica provoca que se formen zonas claramente diferenciadas dentro de la ciudad, con áreas exclusivamente habitadas por personas ricas, otras por la clase media y otras por personas pobres. La media ponderada se basa en la combinación de los valores de los ingresos de los vecinos con un peso determinado para cada uno, lo que intensifica las diferencias económicas entre las distintas zonas. Esta metodología tiende a reforzar la segregación socioeconómica dentro de la ciudad, haciendo que las disparidades de ingresos sean más marcadas y las áreas más homogéneas en términos de riqueza.
2. **Máximo vecinos:** En la sección correspondiente a la regla del máximo de vecinos, se observa un fenómeno interesante: al seleccionar el valor máximo entre los vecinos adyacentes, la mayoría de los habitantes de la ciudad tienden a convertirse en ricos. Este resultado se produce a pesar de la existencia de parches que reducen la calidad de vida de algunos habitantes. La regla del máximo de vecinos favorece la concentración de riqueza porque un solo vecino adyacente con un alto nivel de ingreso puede elevar significativamente el nivel de ingreso de su entorno inmediato. Esto crea una polarización económica donde predominan los sectores más acomodados, generando un ambiente en el que la riqueza se propaga de manera predominante, eclipsando las áreas menos favorecidas.
3. **Mínimo vecinos:** En cuanto a la regla de transición basada en el mínimo de los vecinos, se evidencia que al adoptar el menor valor entre todos los vecinos, la ciudad tiende a empobrecerse rápidamente. Esta tendencia hacia la pobreza se observa incluso a pesar de la implementación de parches destinados a mejorar la calidad de vida de algunos habitantes. La regla del mínimo de vecinos provoca una degradación económica generalizada porque cualquier vecino con un ingreso bajo puede arrastrar a su entorno a un nivel similar. Esto resulta en una expansión de la pobreza por toda la ciudad, haciendo que las áreas se vuelvan más homogéneas en términos de ingresos bajos y dificultando la posibilidad de que los habitantes de estas áreas mejoren su situación económica.
4. **Clase media:** Al seleccionar esta regla se puede apreciar que el nivel de ingreso de los parches varía en función de la influencia de centros comerciales y

hospitales cercanos, así como la edad y el nivel educativo de la población. Los parches vecinos a centros comerciales se fijan en un nivel de ingreso medio (0.5), simulando el impacto económico positivo de estas instalaciones. La regla considera factores de edad (age-factor) y nivel educativo (education-factor), ajustando el ingreso lentamente hacia el promedio de los vecinos, incrementándose si hay hospitales cercanos y decreciendo si hay ollas o zonas de agua no potable. Esta regla refleja cómo la presencia de infraestructura económica y de salud, junto con características demográficas, influye en la estabilidad y mejora de los ingresos, consolidando la clase media en áreas con mejores servicios y condiciones. Lastimosamente al seguir la simulación podemos apreciar que la gran mayoría de la población obtiene un pico de nivel de ingresos medio, pero al tener un nivel de ingresos tan homogéneos, ollas y zonas de agua no potable cerca, esto produce una rápida caída de ingresos a todos los parches cercanos, afectando así de manera secuencial a todos, dando como resultado que la gran mayoría de la población caiga a un nivel de ingresos muy bajos (pobreza).

5. **Hospital y centro comercial juntos:** Al implementar esta regla se puede observar que la población cambia radicalmente tu nivel de ingresos hacia los más elevados,, esto debido a que la combinación de hospitales y centros comerciales en la vecindad maximiza el incremento del ingreso, lo que sugiere una sinergia positiva entre servicios de salud y comercio en mejorar el bienestar económico. Aquellos que tienen ollas o zonas de agua no potable cerca, no logran alcanzar el nivel de ingresos máximo, lo cual refleja como estas zonas tienen un efecto negativo, disminuyendo el nivel de ingresos, lo cual simula las condiciones adversas que afectan el bienestar económico.
6. **Edad y educación:** En la penúltima regla de transición se muestra como los parches con una población mayor (edad) tienden a tener un nivel de ingreso más bajo. Mientras que los parches con una población con mayor educación tienden a tener un nivel de ingreso más alto. Esto refleja la correlación positiva entre la educación y los ingresos, donde una mejor educación a menudo conduce a mejores ingresos en la vida real. El ingreso del parche puede aumentar lentamente si los vecinos tienen un ingreso promedio más alto. Esto podría simular efectos de derrame económico donde el bienestar económico de una zona se extiende a sus alrededores.
7. **Subsidio:** En el caso de los subsidios, la metodología En el caso de los subsidios, se ajusta el nivel de ingreso de ciertos parches basándose en condiciones de bajo nivel de ingresos y acceso limitado a servicios. Esta medida se implementa una sola vez en todo el mapa para identificar y apoyar

los parches más necesitados. A diferencia de otras medidas iterativas, esta intervención única busca elevar rápidamente la calidad de vida de los habitantes más pobres. La aplicación de subsidios resulta en una notable mejora en los parches seleccionados, aumentando su nivel de bienestar de forma inmediata. Este incremento inicial es crucial para establecer una base más sólida para futuras medidas de transición. Al abordar directamente las disparidades económicas y de servicios, los subsidios preparan el terreno para un desarrollo más equitativo y sostenible.

### Conclusiones:

Al realizar este modelo pudimos observar un análisis detallado de los autómatas celulares implementados en NetLogo, donde se simula la economía de una ciudad y la distribución de ingresos entre sus barrios. Al iniciar con la asignación de atributos como nivel de ingreso, edad, nivel educativo y accesibilidad a servicios, el modelo utiliza colores para representar diferentes niveles de ingreso en cada área. Las reglas de transición aplicadas en el modelo permiten ajustar estos ingresos basándose en factores como el ingreso de los vecinos, la disponibilidad de servicios y los subsidios.

La aplicación de autómatas celulares en este contexto muestra cómo las interacciones locales entre vecinos y las características del entorno inmediato pueden generar patrones complejos a nivel macroeconómico. Esta simulación ilustra la capacidad de los autómatas celulares para capturar la evolución de la distribución del ingreso en respuesta a cambios en la infraestructura y las políticas públicas.

El estudio pone de manifiesto el poder de los autómatas celulares como herramienta para modelar y comprender sistemas dinámicos y complejos en la economía urbana. Al reflejar cómo pequeñas modificaciones en las reglas de transición pueden tener grandes impactos en la estructura socioeconómica de una ciudad, en el análisis se destaca la utilidad de esta metodología para analizar y predecir los efectos de distintas intervenciones. En conclusión, el modelo de autómatas celulares proporciona una base robusta para la investigación de la economía urbana y el desarrollo de políticas más efectivas y equitativas.

### Referencias

- [1] "NetLogo 6.4.0". The CCL. [En línea]. Disponible: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/6.4.0/>
- [2] Usando Patches de NetLogo para modelar Autómatas Celulares| Departamento de CCIA de la Universidad de Sevilla. [En línea]. Disponible: [https://www.cs.us.es/~fsancho/Blog/posts/Automatas\\_Celular\\_es.md.html](https://www.cs.us.es/~fsancho/Blog/posts/Automatas_Celular_es.md.html)
- [3] Autómatas Celulares| Departamento de CCIA de la Universidad de Sevilla. [En línea]. Disponible: [https://www.cs.us.es/~fsancho/Blog/posts/Automatas\\_Celular\\_es.md.html](https://www.cs.us.es/~fsancho/Blog/posts/Automatas_Celular_es.md.html)

- [4] “Ciudades como tableros de ajedrez”, ANTONIO AGUILERA ONTIVEROS. [En línea]. Disponible: <https://colsan.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1013/1428>